

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06230194  
PUBLICATION DATE : 19-08-94

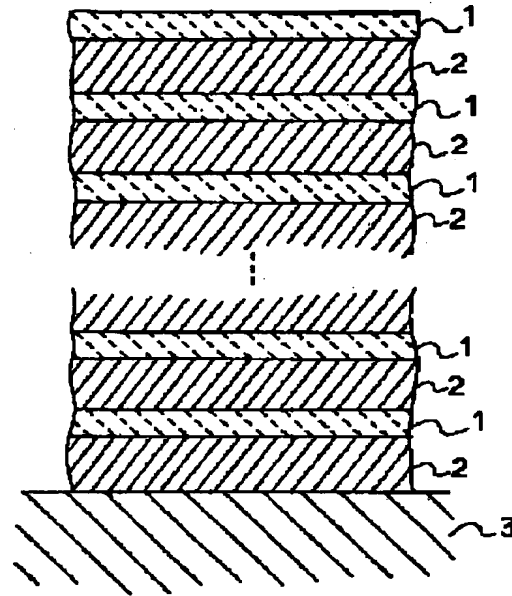
APPLICATION DATE : 02-02-93  
APPLICATION NUMBER : 05015248

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>;

INVENTOR : ISHII YOSHIICHI;

INT.CL. : G21K 1/06

TITLE : X-RAY REFLECTING MIRROR



**ABSTRACT :** PURPOSE: To obtain a reflecting mirror used for a soft X-ray source of high intensity and an X-ray source wherein reflectivities of a soft X-ray and an X-ray are high by containing fullerene in light elements of a multilayered film.

**CONSTITUTION:** A reflecting mirror of multilayer structure alternately laminates a light element layer 1 and a heavy element layer 2 at certain layer thickness respectively. At this time the higher the density of substance of the heavy element layer 2 and the lower the other density of the other substance of the light element layer 1, the higher are X-ray and soft X-ray reflectivities. Fullerene is a hollow spherical and cylindrical substance in which tens or hundreds carbons (C) are joined together. Because the substance is composed of C which is lightweight naturally, has many voids, its density becomes very low. In the light element layer 1, for instance, fullerene C<sub>60</sub> which is a spherical substance in which 60 carbons are joined together is used and when a multilayered film is formed on an Si wafer by means of nickel (Ni) as the heavy element layer 2 at specified layer thickness and a layer thickness ratio, a high reflectivity can be obtained, compared with a case where normal C is used.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

INVENTOR: Ralph KURT  
MATTER NO.: 306353  
CLIENT REF.: P-0373.010-US  
FILED: October 24, 2003  
TITLE: LITHOGRAPHIC APPARATUS, OPTICAL ...

PILLSBURY WINTHROP LLP  
MCLEAN, VIRGINIA

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-230194

(43) 公開日 平成6年(1994)8月19日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 2 1 K 1/06

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 8607-2G

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-15248

(22) 出願日 平成5年(1993)2月2日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 竹中 久貴

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 富田 雅人

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 山下 明

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中村 純之助

最終頁に続く

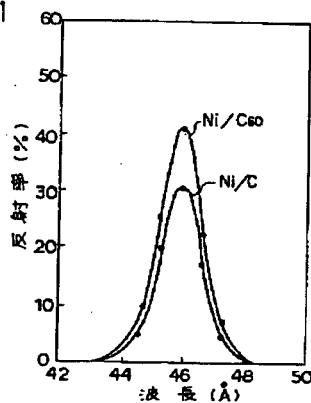
(54) 【発明の名称】 X線反射鏡

(57) 【要約】

【目的】 軟X線やX線の反射率が高く、高強度の軟X線源やX線源に対して使用可能なX線反射鏡を得る。

【構成】 ブラッグ回折効果を有する多層膜の軽元素層1中に、フラーレンを含有させる。

図1



1: 軽元素層  
2: 重元素層

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の層対が積層され、ブラッグ回折効果を有する多層膜構造のX線反射鏡において、上記多層膜の軽元素層中にフラーレンを含むことを特徴とするX線反射鏡。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、軟X線を選択する分光素子や、X線顕微鏡またはX線望遠鏡などに必要なX線反射鏡に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体材料など各種材料の化学状態、化学組成、不純物濃度、なかでも軽元素の高感度分析装置に必要な軟X線、およびLSI用微細加工や生体観察やプラズマ観察などのX線顕微鏡や太陽コロナ観測用などのX線望遠鏡において、単色、準単色の軟X線やX線を選択するために、多層膜が使用されるようになってきた。上記多層膜は一般には図7に示すように、シリコンや石英などの基板3上に、軽元素層1と重元素層2とを数10Å～数100Åの一定厚みで規則正しく積層して形成していた。上記多層膜は、特に軟X線波長領域で回折格子や結晶に比し反射率が高いという利点を有している。従来の単層膜では垂直入射に近づくにつれて反射しなくなり、反射率は0.000001以下とほとんど反射しないが、例えば波長が約13nm程度では重元素層2にモリブデン(Mo)を使用し、軽元素層1にけい素(Si)を使用した多層膜(Mo/Si多層膜)が直入射近傍で計算上約50～80%という高い反射率が得られたり、波長が20Å程度において重元素層2にタングステン(W)を使用し、軽元素層1に通常はアモルファス状態の炭素(C)を使用した多層膜(W/C多層膜)が、直入射近傍で約7%という回折格子や結晶を使用した分光素子に比べて1桁以上高い反射率が得られるため、軟X線やX線利用の装置や手法などに適用が検討されている。

【0003】各種の軟X線やX線応用の立場からは、反射率が高ければ高いほど、あるいは安定であればあるほど利用価値が高い。例えば、分光分析の面からは反射率が高まればそれに比例して感度の向上や精度の向上がはかれ、また、加工の面からは加工時間の短縮がはかれることになる。さらに、使用する軟X線源やX線源の強度が強くなると、それに起因する熱負荷に耐えるために、耐熱性の向上が求められる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、例えばW/C多層膜(積層数150対)においては、波長40Å程度における反射率は直入射近傍で約7%程度であり、回折格子や結晶利用の分光素子に比べ反射率が高いものの、産業界からは常に高い反射率が高い多層膜が要求されている。この場合、一般には上記Cの代りにより

密度が低い物質を使用すれば、物質の光学定数と密度との関係で多層膜による軟X線およびX線の反射率が高くなる。しかしながら、Cよりも密度が低い単体の固体物質では、リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、ほう素(B)しかない。このうち、Liはそのままでは融点が186℃と低く、これを軽元素層に使用した多層膜では耐熱性が極めて悪い。また、Beは単体では有毒であり、皮膚の炎症をおこしたり吸収すれば肺をおかすことが知られている。このため、作製する装置の管理や装置使用時の呼吸法ならびに服装などに注意して、極めて厳重に扱う必要があるため、作製に時間がかかるだけではなく大きな困難を伴う。そのため、Cの代替物質としては実際にBを使用することが多い。しかしながら、重元素層が同一物質であって、軽元素層にCとBとをそれぞれ適用した構造の同じ多層膜を作成しても、上記Bを使用した多層膜の反射率はCを使用した多層膜の反射率に比べて、多い場合でも実際には10～20%しか増加しない。

【0005】本発明は、軟X線反射率やX線反射率が高く、高強度の軟X線源やX線源に対して使用可能なX線反射鏡を得ることを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的は、複数の層対が積層され、ブラッグ回折効果を有する多層膜構造のX線反射鏡において、上記多層膜の軽元素中にフラーレンを含むことにより達成される。

## 【0007】

【作用】多層膜よりなるX線反射鏡は、一般には重元素層と軽元素層とを、それぞれ一定の層厚で交互に積層したものである。このとき、一般的には重元素層の物質の密度が重く、軽元素層の物質の密度が軽いほど、X線や軟X線の反射率が高くなる。最近研究が盛んになってきたフラーレンは、炭素(C)が数10個あるいは数100個つながって、中が中空の球形や円柱状になっている物質であり、もともと比較的軽い物質であるCにより構成されていることに加え、空間が多いことから極めて密度が小さな物質である。従来使用されていたCの密度はおよそ3～3.5位であり、うまくグラファイト結晶にできた場合は2.25である。また、Bはおよそ2.3である。これに対してフラーレンの代表的物質であるC<sub>60</sub>が60個結合した球形の物質であるC<sub>60</sub>は、密度が1.65であって通常のCやBに比較して軽い元素である。また、さらにCがたくさん結合したC<sub>70</sub>などのように、Cが多くなればなる程その密度は小さくなる。そのため、上記フラーレンを軽元素層に使用した多層膜では反射率が向上するため、高反射率の多層膜X線反射鏡を形成することが可能になる。

【0008】上記X線反射鏡を、X線や軟X線などを利用した各種分析に適用した場合には、多層膜の反射率が高まり感度や精度が向上し、X線リソグラフィに適用

3

した場合には反射率の向上で生産性が高まり、または露光時間の短縮化がはかれるなどの効果を有することになる。

#### 【0009】

【実施例】 つぎに本発明の実施例を図面とともに説明する。図1は本発明によるX線反射鏡の第1実施例における多層膜に軟X線を入射した場合の反射率の変化状態を示す図、図2は上記第1実施例における多層膜の軟X線ピーク反射率と波長との関係を示す図、図3は本発明の第2実施例における多層膜に軟X線を入射した場合の反射率の変化状態を示す図、図4は上記第2実施例の応用である多層膜の軟X線ピーク反射率と波長との関係を示す図、図5は本発明の第3実施例における多層膜に軟X線を入射した場合の反射率の変化状態を示す図、図6は上記第3実施例の応用である多層膜の軟X線ピーク反射率と波長との関係を示す図である。

#### 【0010】第1実施例

軽元素層にCおよびフラーレンC60を用い、重元素層にニッケル(Ni)を用いて、蒸着法により2種類の多層膜を形成した。上記各多層膜の構造は、軽元素層の厚みと重元素層の厚みとを加えた厚みである周期長を36Åとし、上記軽元素層の厚みと重元素層の厚みとの比が2:3で、80対積層させた多層膜をSiウエハ上に形成した。上記各多層膜の表面に垂直な角度から3度傾けた角度で、軟X線を多層膜に入射させた場合における反射率の変化状態を図1に示す。また、上記各多層膜の軟X線ピーク反射率と波長との関係を図2に示す。測定波長領域では、従来反射率が最も高いとされていた多層膜Ni/Cに比べて、フラーレンC60を用いた多層膜Ni/C60の方が反射率が高くなるのが確認された。

#### 【0011】第2実施例

軽元素層にCおよびフラーレンC70を用い、重元素層にWを用いた2種類の多層膜をスパッタリング法により形成した。上記各多層膜の構造は、軽元素層の厚みと重元素層の厚みとを加えた厚みである周期長を30Åとし、上記軽元素層の厚みと上記重元素層の厚みとの比が2:3で、100対積層した多層膜をSiウエハ上に形成した。上記多層膜の表面に垂直な角度から3度傾けた角度で、軟X線を上記多層膜に入射させた場合における反射率の変化状態を図3に示す。また、上記各多層膜の軟X線ピーク反射率と波長との関係を図4に示す。測定波長領域では、従来反射率が高いとされていたW/Cに比べてW/C70の方が高反射率になることが確認された。

#### 【0012】第3実施例

軽元素層にC:C60=50:50の混合層を用い、重元素層にWを用いた多層膜をスパッタリング法により形成した。上記多層膜の構造は、上記軽元素層の厚みと上記重元素層の厚みとを加えた厚みである周期長を30Å

4

とし、上記軽元素層の厚みと上記重元素層の厚みとの比が2:3で100対積層した多層膜をSiウエハ上に形成した。上記多層膜の表面に垂直な角度から3度傾けた角度で軟X線を多層膜に入射した場合の反射率の状態をW/Cの場合と比較して図5に示す。また、上記多層膜の軟X線反射率と波長との関係を図6にW/Cの場合と比較して示す。この場合は上記軟X線入射角はブラッグの式を満足する関係で変化している。測定波長領域では、従来反射率が高いとされていたW/Cに比べて、W/C:C60=50:50の方が高反射率になることが確認された。

【0013】 上記各実施例では数例を示したに過ぎないが、当然推定されるように、上記以外のフラーレンまたはこれらのフラーレンを混合させた物質を使用しても、高反射率の多層膜X線反射鏡を形成できる効果があることはいうまでもない。また、重元素層にはNiとWを用いた例を記したが、上記重元素層には、金属はもちろん軽元素層に適用したフラーレンよりも密度が高い物質であれば、X線反射の効果を示すことはいうまでもない。

#### 【0014】

【発明の効果】 上記のように本発明によるX線反射鏡は、複数の層対が積層され、ブラッグ回折効果を有する多層膜構造のX線反射鏡において、上記多層膜の軽元素層中にフラーレンを含むことにより、反射率を向上させることが可能になり、このような高反射率の多層膜X線反射鏡を、X線や軟X線を利用した各種分析に適用した場合には、反射鏡が高反射率であるために分析の感度や精度が向上し、また、X線リソグラフィーに適用した場合は、生産性の向上または露光時間の短縮化をはかることができるなどの効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるX線反射鏡の第1実施例における多層膜に軟X線を入射した場合の反射率の変化状態を示す図である。

【図2】 上記第1実施例における多層膜の軟X線ピーク反射率と波長との関係を示す図である。

【図3】 本発明の第2実施例における多層膜に軟X線を入射した場合の反射率の変化状態を示す図である。

【図4】 上記第2実施例の応用である多層膜の軟X線ピーク反射率と波長との関係を示す図である。

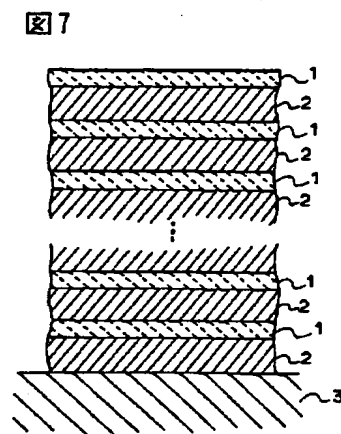
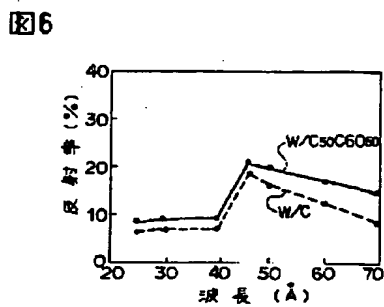
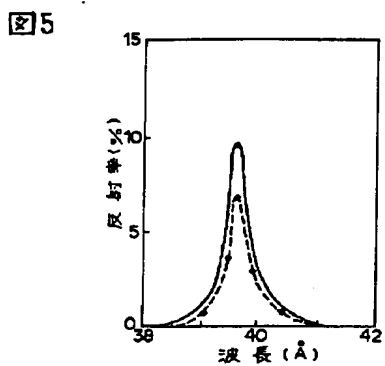
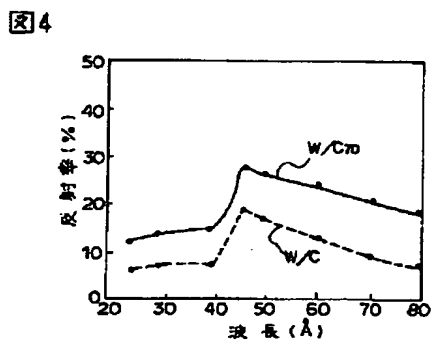
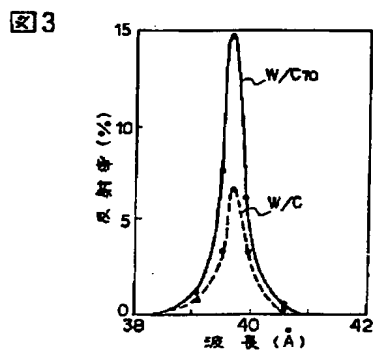
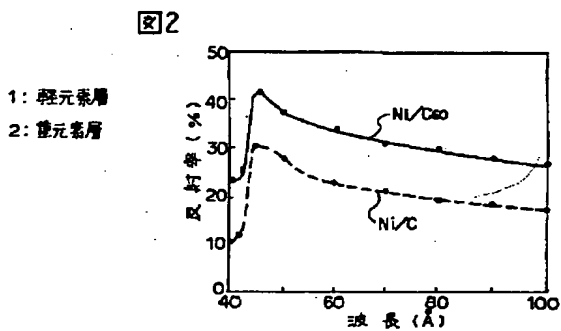
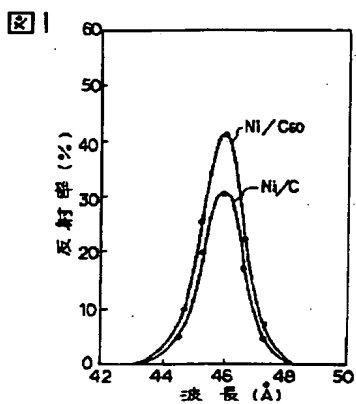
【図5】 本発明の第3実施例における多層膜に軟X線を入射した場合の反射率の変化状態を示す図である。

【図6】 上記第3実施例の応用である多層膜の軟X線ピーク反射率と波長との関係を示す図である。

【図7】 多層膜の構造を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 軽元素層
- 2 重元素層



(5)

特開平6-230194

フロントページの続き

(72)発明者 川村 朋晃

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 林 幸好

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 石井 芳一

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

INVENTOR: Ralph KURT  
MATTER NO.: 306353  
CLIENT REF.: P-0373.010-US  
FILED: October 24, 2003  
TITLE: LITHOGRAPHIC APPARATUS, OPTICAL ...

PILLSBURY WINTHROP LLP  
MCLEAN, VIRGINIA